

# JÄKÄLÄ BIOINDIKAATTORINA ILMANLAADUN TUTKIMISESSA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma

Evo, kevät 2017

Joonas Saarinen

Metsätalouden koulutusohjelma

Evo

---

<b>Tekijä</b>	Joonas Saarinen	<b>Vuosi</b> 2017
<b>Työn nimi</b>	Jäkälä bioindikaattorina ilmanlaadun tutkimisessa	
<b>Työn ohjaaja</b>	Henrik Lindberg	

---

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä tutkittiin, miten metsien ilmanlaatua voidaan arvioida käyttämällä puiden rungoilla kasvavia jäkäliä indikaattorilajeina. Tutkimus toteutettiin jäkäläkartoituksena, jossa ilmansaasteiden vaikutusta tarkasteltiin jäkälälajien muutoksissa eri ympäristöissä. Ilmansaasteiden vaikutukset näkyvät jäkälälajien lukumäärässä, vaurioasteissa sekä jäkälien peittävyudessa. Pääpainona tutkimuksessa on jäkälälajien lukumäärä.

Tutkimusmenetelmänä maastossa käytiin valituilla havaintoaloilla arvioimassa satunnaisesti valituilta puilta jäkälälajien lukumäärää. Havaintoalat valittiin mahdollisimman paljon ympäristöltään keskenään poikkeaviksi, jotta ilmanlaadultaan selkeästi erilaiset paikat ovat jäkälälajistoltaankin erilaiset. Havaintoaloiksi valikoitui puhtaiden metsien lisäksi muun muassa teiden varsien, tehtaiden ja asutuksen läheisyydessä olevat metsät. Yhteensä tutkimukseen valittiin 50 puuta, jotka kaikki olivat mäntyjä tulosten vertailun helpottamiseksi. Havaintoaloja oli yhteensä kymmenen, joille valittiin satunnaisesti viisi puuta. Havaintoalojen sijoittelussa otettiin huomioon myös jäkälälajien lukumäärään luontaisesti vaikuttavat tekijät. Maantieteelliset erot otettiin huomioon tekemällä tutkimusta Jämsän Länkipohjassa sekä Rovaniemellä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli verrata saatuja tuloksia keskenään niin, että tuloksista voi tehdä selkeän johtopäätöksen ilmanlaadun määrittelyyn jäkälien avulla. Oletuksena oli, että jäkälälajien lukumäärä on suurempi ja vaurioaste pienempi paikoissa, joissa metsä on koskemattomampaa. Tuloksista kävi ilmi, että jäkälälajisto oli havaintoaloilla lähes samanlaista riippumatta paikasta. Poikkeuksena olivat lajit, kuten naavat, jotka ovat erityisen herkkiä ilmansaasteille ja joita esiintyi vain puhtaammissa metsissä.

**Avainsanat** jäkälä, jäkäläkartoitus, bioindikaattori, epifyyttinen

**Sivut** 25 sivua

Degree Programme in Forestry

Evo

---

<b>Author</b>	Joonas Saarinen	<b>Year</b> 2017
<b>Subject</b>	Lichen as a bioindicator in researching air quality	
<b>Supervisor</b>	Henrik Lindberg	

---

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to find out how air quality in forests can be estimated using epiphytic lichens as bioindicators. The research was carried out as a lichen survey where the impact of air pollution was explored by studying the changes of lichen species in different environments. The effects of air pollution are shown in the number of lichen species, the degree of damages and lichens coverage.

The research method was to go and find out the sampling units to estimate the amount of the lichen species from the randomly selected trees. The sampling units were selected on purpose to be as different as possible from their environments so that clearly different places were also different of their lichen species. In addition to clean air forests the forests in the vicinity of roadsides, factories and residential areas were selected for the sampling units. The total of selected trees was 50 and all of them were pines in order to facilitate the comparison of results. There were ten sampling units in which five randomly selected trees. The effects of naturally affected factors in lichen species were also taken into account in the placement of sampling units. Geographical differences were taken into account by doing the research in Länkipohja and Rovaniemi.

The aim of the thesis was to compare the results so there could be a clear conclusion about air quality by observing lichens. The presumption was that the number of lichen species would be larger and there would be fewer damages in places where the forest was more unspoiled. The results revealed that lichen species in the sampling units were almost the same no matter the region or circumstances. There were only few species which were particularly sensitive to air pollution, e.g. the beard moss that could only be observed in the most unpolluted forests.

**Keywords** lichen, lichen survey, bioindicator, epiphytic

**Pages** 25 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TAUSTAA.....	2
2.1	Standardi SFS-EN 16413.....	2
2.2	Välineet.....	2
2.3	Jäkälien taksonomia.....	3
2.3.1	Kestävät lajit .....	3
2.3.2	Melko kestävät lajit .....	4
2.3.3	Melko herkät lajit .....	5
2.3.4	Herkät lajit .....	5
2.4	Standardien väliset eroavaisuudet .....	6
2.5	Puulajin valinta .....	7
2.6	Jäkäläkartoituksen luotettavuus.....	8
3	TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT .....	8
3.1	Tutkimusalueet .....	8
3.2	Mittausmenetelmät.....	10
3.3	Tulosten tarkastelu .....	10
3.4	Jäkäliden monimuotoisuuden arvo .....	11
4	TULOKSET .....	12
4.1	Länkipohjan havaintoalat .....	12
4.1.1	Havaintoala 1.....	12
4.1.2	Havaintoala 2.....	13
4.1.3	Havaintoala 3.....	14
4.1.4	Havaintoala 4.....	15
4.1.5	Havaintoala 5.....	16
4.2	Rovaniemen havaintoalat.....	17
4.2.1	Havaintoala 6.....	17
4.2.2	Havaintoala 7.....	18
4.2.3	Havaintoala 8.....	19
4.2.4	Havaintoala 9.....	20
4.2.5	Havaintoala 10.....	21
5	TULOSTEN TARKASTELU .....	22
5.1	Jäkälälajien jakautuminen havaintoaloittain.....	22
5.2	Jäkäliden monimuotoisuuden tulokset .....	24
5.3	Jäkäliden vauriot.....	24
5.4	Ilmansuuntien vaikutukset .....	25
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	25
	LÄHTEET.....	27

## 1 JOHDANTO

Jäkäläkartoitus on tehokas menetelmä ilmanlaadun tutkimisessa. Jäkälätutkimuksia on tehty Suomessa jo 1800-luvulta alkaen. Varhaisimpana jäkälätutkimuksena Suomessa voidaan pitää William Nylanderin julkaisemaa Helsingin kasvistoa 1852. Ihmistoiminnan aiheuttamiin haittavaikutuksiin jäkälistössä keskittynyt Helsingin kaupungin puiden ja pensaiden jäkäläkasvisto (1934) puolestaan aloitti jäkälien ja ilmansaasteiden suhteisiin keskittyneet tutkimukset Suomessa. (Vitikainen 2011, 29-30.)

Jäkälät muodostuvat levän ja sienien symbioosista. Niillä on ohut pintasolukko, jonka läpi tarvittavat ravintoaineet kulkeutuvat ilman ja sadeveden mukana. Samalla kulkeutuvat myös mahdolliset ilman epäpuhtaudet, kuten jäkälille erityisen haitallinen rikkidioksidi. Jäkäläkartoituksessa on hyvä käyttää puiden rungoilla kasvavia jäkälälajeja, sillä ilman epäpuhtaudet ilmenevät niiden ulkomuodossa sekä lajiston määrässä ja peittävydessä. Tällaisia jäkälälajeja kutsutaan epifyyttisiksi eli kasveiksi tai sieniksi, jotka kasvavat toisen kasvin pinnalla (Tieteen termipankki 2015). Lisäksi puiden runkojen kasvualusta on tasainen, joten jäkälät ovat alttiina ilman epäpuhtauksille ympäri vuoden sekä puiden runkoa pitkin valuva sadevesi altistaa jäkälät niissä mahdollisesti esiintyville ilmansaasteille. Tutkimuksessa on myös huomioitava, että jäkälälajistoon vaikuttavat myös muut tekijät kuin ilmansaasteet. Tällaisia tekijöitä ovat muun muassa kasvupaikka, tutkimuksessa käytettävien puulajien kaarnan happamuus, valoisuus sekä lämpötilojen vaihtelu. (Savonlinnan kaupunki, 2010.)

Jäkäläkartoituksen etuna on, että se sopii pitkäaikaiseen ympäristön ja sen ilmanlaadun tilan seurantaan. Lisäksi tutkimukset ovat helposti toistettavissa kenen tahansa toimesta. Monet tutkimukset ovatkin kuntien teettämiä tutkimuksia, joilla voidaan seurata ilmanlaatua ja sen muutoksia vuosien varrella. Jäkälien lisäksi muita tehokkaita bioindikaattoritutkimuksia ovat esimerkiksi neulas- ja metsäsammaltutkimukset. Bioindikaattorien käyttö ilmanlaadun tutkimisessa ei kuitenkaan ole tarpeeksi kattava ilman epäpuhtauksien ilmentäjä yksistään eikä korvaa suoria mitauksia päästöistä ja niiden leviämisestä.

Opinnäytetyön tavoite on selvittää ilmansaasteiden vaikutusta männyn runkojäkälien lajimäärään käyttäen luotettavaa ja toistettavissa olevaa menetelmää. Tutkimusalueina toimivat Länkipohja sekä Rovaniemi, joista saaduista tuloksista muodostetaan vertailu. Opinnäytetyössä on käytetty vuonna 2014 käyttöön otettua standardia, jossa määritellään jäkäläkartoitukselle vaaditut kriteerit. Tämä uusi yleiseurooppalainen standardi kumoaa vuonna 1990 käyttöön otetun standardin, jonka kriteerien mukaan tehdyt aiemmat jäkäläkartoitukset on tehty.

Tutkimukset sijoituivat 12/2016 – 03/2017 väliselle ajalle.

## 2 TAUSTAA

Puiden runkojäkälien käyttö bioindikaattorilajeina on toimiva ja edullinen tapa tutkia ilman epäpuhtauksia ja niiden vaikutuksia eri ympäristöissä. Etenkin teollisuus, liikenne ja energiantuotanto ovat yleisimpiä ilman kuormittajia. Tutkimalla tällaisten alueiden runkojäkäliä ja vertaamalla niitä puhtaampien metsien jäkäliin, saadaan vertailukelpoista aineistoa osoittamaan ilmanlaadun eroavaisuus erilaisissa ympäristöissä ottaen huomioon jäkälälajistoon luontaisesti vaikuttavat tekijät.

### 2.1 Standardi SFS-EN 16413

Opinnäytetyössä tehdyssä jäkäläkartoituksessa on käytetty eurooppalaisia standardia SFS-EN 16413 (Ambient air. Biomonitoring with lichens. Assessing epiphytic lichen diversity). Se on vahvistettu 31.03.2014 ja julkaistu 17.04.2014. Kyseinen standardi on vahvistettu suomalaisiksi kansalliseksi standardiksi ja se kumoaa vuodesta 1990 asti voimassa olleen standardin SFS 5670. (SFS-EN 16413/2014, 1.)

Standardissa on kuvattu muun muassa tutkimuksessa tarvittavat välineet, periaatteet, näytteenottotavat ja laadunvarmistusmenetelmät. Standardin esittämällä kriteereillä voidaan varmistaa, että tutkimus on luotettava ja myöhemmin toistettavissa myös ulkopuolisen tahon toimesta.

### 2.2 Välineet

Jäkäläkartoitusta tehdessä maastossa tarvitaan erilaisia välineitä. Tällaisia välineitä ovat:

- kartat (mittakaava vaihtelee tutkimusalueen koon ja käyttötarkoituksen mukaan)
- kompassi
- mittanauha
- 10 x 50 cm muovikalvo, joka on jaettu viiteen saman suuruiseen (10 x 10 cm) ruutuun
- jäkäläopas
- tutkimuslomakkeet

Standardissa on myös kuvattu laboratorio-olosuhteisiin tarvittavat välineet, jos tutkimuksen tarkoituksensa on tarkastella lisäksi jäkälien mikrobiologiaa.

## 2.3 Jäkälien taksonomia

Suomessa esiintyviä jäkälälajeja on yhteensä noin 1500 lajia, joista epifyyttisiä lajeja on noin 40 % (Stenroos 2011, 29-35). Jäkäläkartoituksessa on tärkeää, että tunnistaa olennaisimmat lajit kartoituksen suorittamisessa. Standardi SFS-EN 16413 ei määrittele tunnistettavia lajeja, jäkälätaksoneita. Aiempi kumottu standardi SFS 5670 määrittelee 12 tunnistettavaa jäkälätaksonia mukaan lukien leväpeitteen. Jäkälät on luokiteltu sen mukaan, kuinka kestäviä ne ovat ilmansaasteiden suhteen. Rundgrenin (2013) jäkäläkartoituksen jäkälätaksonit kumotun SFS 5670 standardin mukaan ovat seuraavat:

Kestävät:

- seinäsuomujäkälä (*Hypocenomyce scalaris*)
- leväpeite (*Algae*)

Melko kestävät:

- sormipaisukarve (*Hypogymnia physodes*)
- keltatyvikarve (*Parmeliopsis ambigua*)
- ruskoröyhelö (*Tuckermannopsis chlorophylla*)
- keltaröyhelö (*Vulpicida pinastri*)

Melko herkäät:

- harmaaröyhelö (*Platismatia glauca*)
- harmaatyvikarve (*Parmeliopsis hyperopta*)
- tuhkararve (*Imshaugia aleurites*)
- hankakarve (*Pseudevernia furfuracea*)
- raidanisokarve (*Parmelia sulcata*)

Herkät:

- lupot (*Bryoria* spp.)
- naavat (*Usnea* spp.)

Jäkäläkartoituksessa osattavien jäkälälajien ominaisuuksien, levinneisyyden sekä kasvupaikkavaatimusten tunteminen on keskeisessä asemassa tutkimusta tehdessä ja tuloksia arvioidessa ilmansaasteille luokitellun herkkyysasteen lisäksi.

### 2.3.1 Kestävät lajit

Seinäsuomujäkälä (*Hypocenomyce scalaris*) on etenkin mäntyjen tyvillä kasvava laji, jota esiintyy kestävyytensä vuoksi kaupunkien ja kylien läheisyydessä. Se on yleinen koko maassa männyn metsänrajalle saakka. Ulkonäöltään suomumainen ja harmahtava. (Rämä 2011, 228-229.)

### 2.3.2 Melko kestävät lajit

Sormipaisukarve (*Hypogymnia physodes*) on melko kestäväksi luokiteltu jäkälälaji, joka on hyvä ilman epäpuhtauksien indikaattorilaji. Se on hyvin yleinen koko maassa ja kestää hyvin saastepitoisuuksia, mutta indikoi niitä selvästi havaittavilla morfologisilla muutoksilla (Rundgren 2013). Sormipaisukarve hyötyy tiettyyn pisteeseen asti ilman epäpuhtauksien aiheuttamasta kuormituksesta, ja vahvana kilpailijana valtaa kasvualustaa. Tarpeeksi kovassa kuormituksessa sormipaisukarpeen vauriot kuitenkin kasvavat ja peittävyys rungoilla pienenee. (Savonlinnan kaupunki 2012.) Sormipaisukarvetta onkin käytetty vanhassa standardissa erikseen peittävyyden arvioinnissa ja sen vaurioiden luokituksessa. Halkaisijaltaan se on 2 - 10 cm (Haikonen 2011, 233). Koko pienenee jäkälän vaurioasteen kasvaessa.



Kuva 1. Sormipaisukarve (*Hypogymnia physodes*) (Salonen, 2167)

Keltatyvikarve (*Parmeliopsis ambigua*) on sormipaisukarpeen tavoin erittäin yleinen koko maassa ja kasvaa monenlaisilla kasvualustoilla; pohjoisessa yleinen puiden tyvillä keskilumenpaksuusrajan alapuolella. Se on pienikokoinen jäkälälaji, enintään 3 cm halkaisijaltaan. Ulkonäöltään muistuttaa paljon harmaatyvikarvetta, mutta yläpinta kellanvihreä. (Lohtander 2011, 310.)

Ruskoröyhelö (*Tuckermannopsis chlorophylla*) on hyvin yleinen suurimassa osassa maata. Se on lehtimäinen tai pensasmainen ja halkaisijaltaan noin 2 – 5 cm. Laji muistuttaa paljon harmaaröyhelöä, mutta on väriykseltään vihertävän ruskea tai tummanruskea. (Lohtander 2011, 452-453.)



Keltaröyhelö (*Vulpicida pinastri*) on hyvin yleinen koko maassa. Se on rakenteeltaan lehtimäinen, noin 1 – 5 cm halkaisijaltaan. Väriltään se on keltainen tai vihreänkeltainen. (Lohtander 2011, 489-490.)

### 2.3.3 Melko herkät lajit

Harmaaröyhelö (*Platismatia glauca*) on hyvin yleinen laji Etelä- ja Keski-Suomessa. Harvemmin sitä on havaittavissa Pohjois-Suomessa. Rakenteeltaan se on lehtimäinen ja moniliuskainen. Harmaaröyhelö voi olla enintään 15 cm halkaisijaltaan ja väriltään sen yläpinta on useimmiten harmaa. (Lohtander 2011, 375.)

Harmaatyvikarve (*Parmeliopsis hyperopta*) on hyvin yleinen koko maassa, mutta Etelä-Suomessa niukempi. Se on keltatyvikarpeen tavoin pienikokoinen, usein noin 3 cm halkaisijaltaan. Yläpinta on siniharmaa. (Lohtander 2011, 311.)

Tuhkakarve (*Imshaugia aleurites*) on yleinen koko maassa, mutta Pohjois-Suomessa yleisempi. Se muistuttaa harmaatyvikarvetta, mutta on suurempi ja alta vaaleampi. Yläpinta on vaalean tuhkanharmaa ja se on halkaisijaltaan 3 – 8 cm. (Lohtander 2011, 237.)

Hankakarve (*Pseudevernia furfuracea*) on Etelä-Suomen saaristo- ja rannikkomäntyjen runsaslukuisin epifyyttinen jäkälälaji. Sisämaassa sitä esiintyy yleisesti vanhojen mäntyjen latvuksissa. Pohjois-Suomessa hankakarve on erittäin harvinainen tai puuttuu kokonaan. Nuorempana se on lehtimäinen ja vanhempana pensasmaisen sekä vaalea väritykseltään. (Lohtander 2011, 385.)

Raidanisokarve (*Parmelia sulcata*) on erittäin yleinen koko maassa. Se kasvaa erityisesti lehtipuilla, ja voi olla halkaisijaltaan 20 cm. Yläpinta on vaaleanharmaa tai siniharmaa. (Lohtander 2011, 306.)

### 2.3.4 Herkät lajit

Lupot (*Bryoria* spp.) sekä naavat (*Usnea* spp.) ovat yleensä pensasmaisia ja väriltään kellanvihreitä tai tummempia. Ne ovat herkimpiä lajeja ilman-saasteille ja katoavat nopeimmin alueilta, joilla ilmansaasteita esiintyy. Naavalajeja esiintyy Suomessa noin 12 eri lajia, joiden tunnistus on maastossa erityisen vaikeaa. Suurimmaksi osaksi lajit sijaitsevat etelässä. (Halonen 2011, 474.)

## 2.4 Standardien väliset eroavaisuudet

Standardin SFS 5670 mukaan tehdyissä jäkäläkartoituksissa on tutkittu kolmea asiaa: jäkälälajien esiintymistä, sormipaisukarpeen vaurioluokkaa sekä sormipaisukarpeen ja luppojen suhteellista peittävyttä pistefrekvenssimenetelmällä (Savonlinnan kaupunki 2012). Pistefrekvenssimenetelmässä käytettiin 30 x 40 cm muovikalvoa, joka kiinnitettiin tarkasteltavien puiden runkoihin itä-koillispuolelta sekä länsi-lounaispuolelta 120 – 160 cm korkeuteen. Kalvo oli jaettu sataan ruutuun, ja ruutujen alareunan keskipisteen kohdalle osuneet lajit havainnoitiin ja siten saatiin laskettua sormipaisukarpeen ja luppojen peittävyys lajilukumäärän ohella. Jäkälän peittävyys ei kuitenkaan indikoi ilmanlaatua, sillä jotkin lajit esimerkiksi sormipaisukarve hyötyvät epäpuhtauksista. (Savonlinnan kaupunki 2012).

Standardi SFS-EN 16413 puolestaan määrittelee käytettäväksi 10 x 50 cm muovikalvon, joka on jaettu viiteen saman suuruiseen ruutuun. Ruutujen sisälle jäävät jäkälälajit lasketaan lajikohtaisesti yhteen. Tämän vuoksi sormipaisukarpeen tai luppojen peittävyttä ei tässä tutkimuksessa tarkastella erikseen, vaan pääpainona on jäkälälajien esiintymisen tarkastelu.



Kuva 2. Standardi SFS-EN 16413 määrittelemä 10 x 50 cm muovikalvo jäkälälajien tarkastelussa.

## 2.5 Puulajin valinta

Puulajin valinta jäkäläkartoituksessa riippuu tutkimuksen tarkoituksesta. Tarkasteltaviksi puiksi voidaan valita vain yhtä lajia edustavat puut, saman tyyppisen kaarnan omaavat puut tai kokonaan erilaiset puut. Tässä tutkimuksessa käytettiin vain mäntyjä niillä yleisesti kasvavien taksonomisten jäkälälajien tunnistamisen helpottamiseksi ja luontaisena tekijänä jäkälälajistoon vaikuttavan kaarnan happamuuden vaikutusten vähentämiseksi. Suomessa 1970-luvulta eteenpäin tehdyissä jäkäläkartoituksissa on käytetty männyn runkojäkälää (Savonlinnan kaupunki 2012).

## 2.6 Jäkäläkartoituksen luotettavuus

Jäkäläkartoituksen ongelmana on ilman epäpuhtauksien vaikutus jäkälien ulkonäköön, mikä tekee lajitunnistuksesta vaikeampaa. Jäkäläkartoitusta tehdessä hyvä lajitunnistus onkin keskeisessä asemassa, sillä jotkin lajit voivat vaurioituneena näyttää joltain toiselta lajilta. Tästä johtuen tutkimusten toistettavuudessa voi ilmetä ongelmia tulosten vaihtelevuuden vuoksi. Epäselvissä tapauksissa jäkälästä otettiin näyte, jota tarkasteltiin myöhemmin sisätiloissa selvyuden saamiseksi. Lisäksi keskeisessä asemassa on jäkäliin luontaisesti vaikuttavien tekijöiden tunnistaminen ja erottelu ilmansaasteiden vaikutuksista.

## 3 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksessa käytetty aineisto koostuu maastosta keräämiltä satunnaisotannalla valittujen mäntyjen rungoilta. Tutkimuksessa käytettiin suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi vahvistetun standardin määrittämiä ohjeita. Tutkimuksen kohteina toimivat Länkipohjan ja Rovaniemen eri ympäristöjen kohteet, jotta tuloksista saataisiin monipuoliset ja vertailukelpoiset keskenään.

Tutkimuksen tyypiksi valittiin lähtötilanteessaan oleva tutkimus (vaihtoehtoisesti jatkumona toiselle tutkimukselle). Standardi SFS-EN 16413:n ohjeistus on keskittynyt ohjeistuksessaan lähtötilanteessaan olevaan tutkimukseen. (SFS-EN 16413/2014, 15.)

### 3.1 Tutkimusalueet

Tutkimusalueina toimivat havaintoalat sijaitsivat Jämsän Länkipohjassa ja Rovaniemellä. Jokaiselta havaintoalalta valittiin satunnaisesti viisi kriteerit täyttävää mäntyä, joiden rungoilta tutkittiin jäkälälajien esiintyminen. Koealoja valittiin viisi kummaltakin paikkakunnalta. Tarkoituksena oli saada tarkasteluun mukaan ilmanlaadultaan selkeästi erilaisten ympäristöjen puita, jotta ilman epäpuhtauksien vaikutukset näkyisivät jäkälälajistossa. Koealat olivat joko kuivahkoa tai tuoretta kangasta. Jäkäläkartoituksen kannalta parhaat havaintoalat ovat kuivilla ja kuivahkoilla kankailla, sillä aluskasvillisuus on matalaa ja metsä melko harvaa (Järvisalo, Keskitalo, Laita, Ruuth & Toivanen 2014).

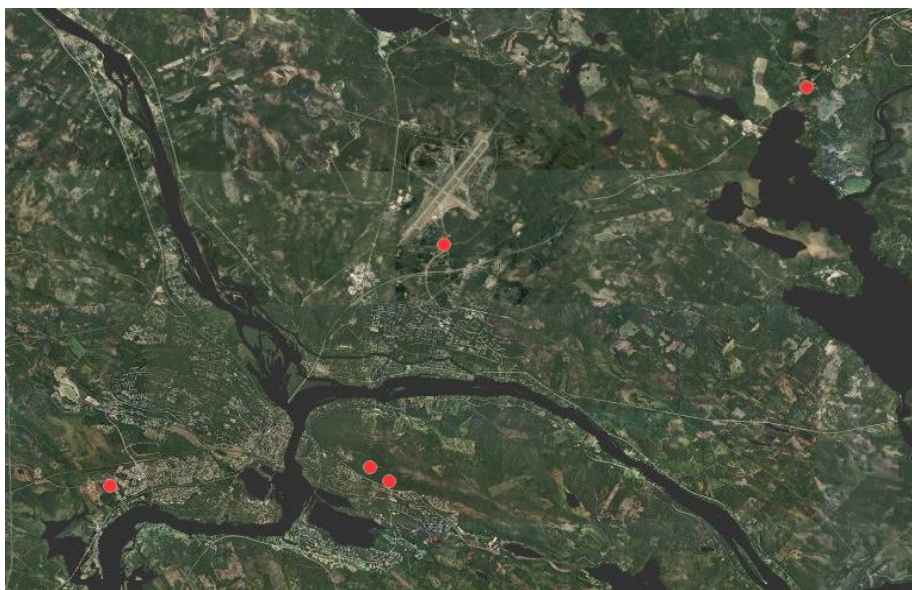
Havaintoalueita ei valittu tutkimukseen enempää, sillä tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella ilmanlaatua jäkälälajien eroavaisuuksina eri ympäristöissä, eikä esimerkiksi tehdä kokonaisen kunnan kattavaa havaintopisteiden joukkoa. Mitatusta aineistosta saa tarpeeksi kattavan kokonaiskuvan, josta voi tehdä tutkimuksen tarkoitusta vastaavat johtopäätökset. Havaintoalat on etsitty Paikkatietoikkunasta satunnaisen valinnan mukaan ja merkitty ilmakehuun, jonka jälkeen maastomittaukset on suo-

ritettu. Havaintoalueiden satunnaisuus perustuu tutkimuksen tarkoituksen määrittelemään satunnaisotantaan sekä havaintoalueiden tarkoituksenmukaiseen erilaisuuteen kartalta etsittyinä.

Tutkimusalueiksi valittiin puhtaiden metsien osalta lenkki- ja kävelyreitien varsille sijoittuvat havaintoalueet. Niihin valikoitui niin varjoisia kuin valoisampia havaintoaloja jäkälälajien luontaisten erovaisuuksien huomioon ottamiseksi. Vertailukohteiksi valikoituneet havaintoalueet puolestaan sijaitsivat muun muassa asutuksen, teollisuuden ja liikenteen läheisyydessä.



Kuva 3. Havaintoalat Länkipohjassa (Paikkatietoikkuna).



Kuva 4. Havaintoalat Rovaniemellä (Paikkatietoikkuna).



### 3.2 Mittausmenetelmät

Ennen maastoon lähtöä havaintoalueet etsittiin Paikkatietoikkuna- sekä Karttapaikka-palvelua apuna käyttäen. Havaintoalueiden tarkka tuntemus oli hyödyllistä koealojen löytämisessä maastosta.

Tarkasteluun valittiin silmämääräisesti viisi mäntyä per havaintoala, kun kartalta valitut havaintoalat oli paikannettu maastosta. Mäntyjen tuli olla vähintään 20 cm rinnankorkeusläpimitaltaan, jolla varmistettiin myös luontaisena tekijänä vaikuttavan metsikön iän vaihtelevuuden vähäisyys tuloksissa. Mäntyjen piti myös olla alhaalta oksattomia.

Näytteenotossa käytettiin Standardin SFS-EN 16413 määrittelemää näytteenottotapaa. Viiteen saman suuruiseen ruutuun jaettu 10 x 50 cm muovikalvo kiinnitettiin nastoilla tarkasteltavan männyn rungolle jokaisen neljän pääilmansuunnan kohdalle kompassia apuna käyttäen niin, että puun tyven ja muovikalvon alareunan välille jäi tasan yksi metri. Tämän jälkeen joka ilmansuunnan kohdalla olleen muovikalvon jokaisesta viidestä ruudusta kirjattiin ylös niissä esiintyneet jäkälälajit. Sen jälkeen ruudut laskettiin yhteen per jäkälälaji, jolloin tulokseksi saatiin 0-5 jokaisesta neljästä ilmansuunnasta joka lajin kohdalta. Sama toistettiin jokaiselle havaintoalalla sijaitsevalle männylle.

Muovikalvon osuessa kohtaan, jossa rungolla esiintyy mittauksia haittaavia tekijöitä, kuten oksia, runkovaurioita, kaarnan kuoriutumista tai muita epifyyttisiä lajeja, kalvoa voidaan siirtää 20 astetta (ensin myötäpäivään ja sitten vastapäivään) välttääkseen nämä haittaavat tekijät. Muovikalvoa on siirrettävä, jos häiriöiden laajuus on enemmän kuin 20 %. (SFS-EN 16413/2014, 17.)

### 3.3 Tulosten tarkastelu

Maastosta saadut tulokset kirjattiin jäkäläkohtaisesti paperille ja jokaisesta tarkasteluun otetusta puusta otettiin valokuva. Myöhemmin tiedoista tehtiin Excel-taulukko standardin SFS-EN 16413 Liitteen A mukaan (SFS-EN 16413/2014, 21).

Tulosten tarkastelussa on käytetty standardin määrittämiä laadun vakuutta (Quality Assurance) sekä laadun hallintaa (Quality Control) virheiden ja tutkimuksen kokonaisvaltaiseen kontrollointiin. Nämä menetelmät muodostavat olennaisen osan tutkimuksen suunnittelusta, toteutuksesta sekä tuloksista.

### 3.4 Jäkälien monimuotoisuuden arvo

Jäkälälajien monimuotoisuutta tarkasteltaessa käytetään siihen tarkoitettua kaavaa. Standardissa on kuvattu tähän tarkoitukseen yksi parhaiten soveltuvista menetelmistä Liitteessä B (SFS-EN 16413/2014, 22).

Ensimmäiseksi laskettaessa monimuotoisuutta lasketaan yhteen frekvenssit kaikista jäkälälajeista, jotka on löydetty joka puusta. Jäkälien kasvun kannalta oleelliset erot voidaan havaita eri puolilta puun runkoa, joten frekvenssit lasketaan yhteen joka ilmansuunnasta erikseen. Joka puusta saadaan siis neljä eri summaa frekvensseistä.

$$\text{tree } t: SF_{Nt}, SF_{Et}, SF_{St}, SF_{Wt} \quad (1)$$

Seuraavaksi lasketaan joka puusta jäkälien monimuotoisuuden arvo (Lichen Diversity Value):

$$LDV_t = SF_{Nt} + SF_{Et} + SF_{Wt} + SF_{St} \quad (2)$$

jossa

- SF = frekvenssien summa (sum of frequencies) jäkälälajeista per ilmansuunta yhdestä puusta *t*.
- N, E, W, S = ilmansuunnat

Jäkälien monimuotoisuuden arvo havaintoalalta *j* ( $LDV_j$ ) on keskiarvo jäkälien monimuotoisuudesta ( $LDV_t$ ) joka puusta havaintoalalla.

$$LDV_j = (SF_{1t} + SF_{2t} + SF_{3t} + \dots + SF_{nt})/n \quad (3)$$

jossa

- SF = frekvenssien summa jäkälälajeista per puu (1t, 2t, jne.)
- n = puiden lukumäärä havaintoalalla *j*

Jäkälien monimuotoisuuden arvosta voidaan johtaa tutkimuksen tarkoituksen mukaan erilaisia selvityksiä liittyen esimerkiksi tietyissä jäkälälajeissa esiintyviin yhdisteisiin. Kyseiset lajit rajataan muista lajeista omaksi tarkasteltavaksi kohteekseen. Tässä jäkäläkartoituksessa ilmenevissä tuloksissa monimuotoisuuden arvo ei yksistään riitä kertomaan lajien runsaudesta havaintoaloilla, sillä vain paria lajia sisältävät havaintoalat voivat olla monimuotoisuuden arvoltaan suurempia kuin useampaa lajia sisältävät alat, jos lajien peittävyys on runsaampaa kuin enemmän lajeja sisältävillä havaintoaloilla joilla lajit kasvavat rungoilla harvemmassa.

## 4 TULOKSET

Tulokset on muodostettu joka havaintoalalta erikseen, joiden pohjalta vertailu on mahdollista rakentaa. Havaintoaloilta on kirjattu ylös jäkälälajien lukumäärä sekä jäkälien monimuotoisuuden arvo. Seuraavaksi esitellään tulokset havaintoalakohtaisesti.

### 4.1 Länkipohjan havaintoalat

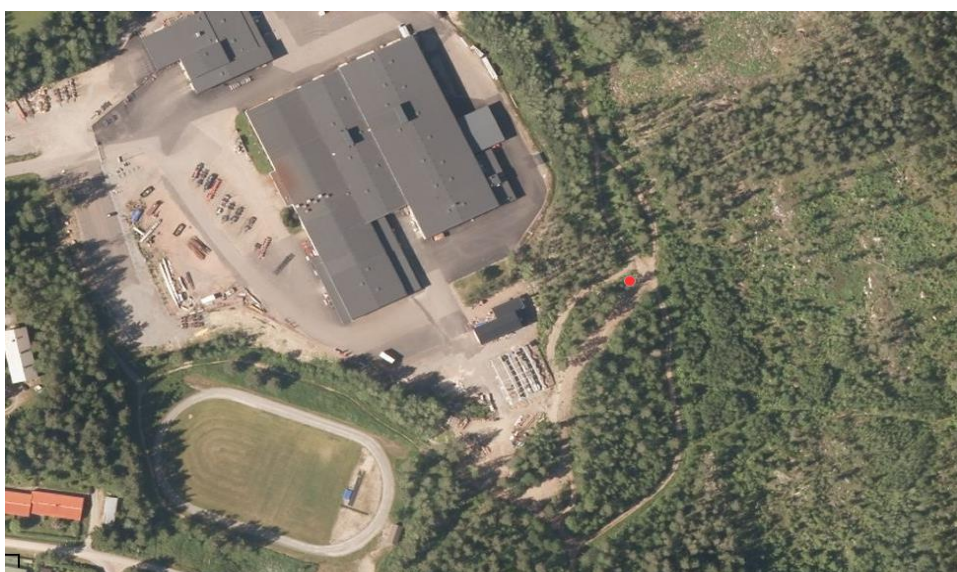
#### 4.1.1 Havaintoala 1

Havaintoala valikoitui lenkkeilypolun ja urheilukentän vierellä sijaitsevan tehtaan läheisyyteen. Tarkoituksena oli tutkia, vaikuttavatko tehtaan päästöt lähistöllä kasvavien mäntyjen jäkälälajistoon. Jäkäläkartoitus tehtiin 10.12.2016.

Mitattujen mäntyjen rinnankorkeuslöpimitan keskiarvo oli 32 cm ja metsätyyppi kuivahko kangas valoisalla paikalla.

Jäkälälaji	Yhteensä	Ruutuja /Havaintoala
Sormipaisukarve ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	81	100
Keltatyvikarve ( <i>Parmeliopsis ambigua</i> )	24	100
Hankakarve ( <i>Pseudevernia furfuracea</i> )	1	100
<b>Jäkäläien monimuotoisuuden arvo</b>	<b>21,2</b>	

Kuva 5. Havaintoalan 1 jäkälälajit ja niiden monimuotoisuuden arvo.



Kuva 6. Ilmakuva havaintoalasta 1. Koordinaatit: N 6846295 - E 384280,8 (Paikkatietoikkuna).



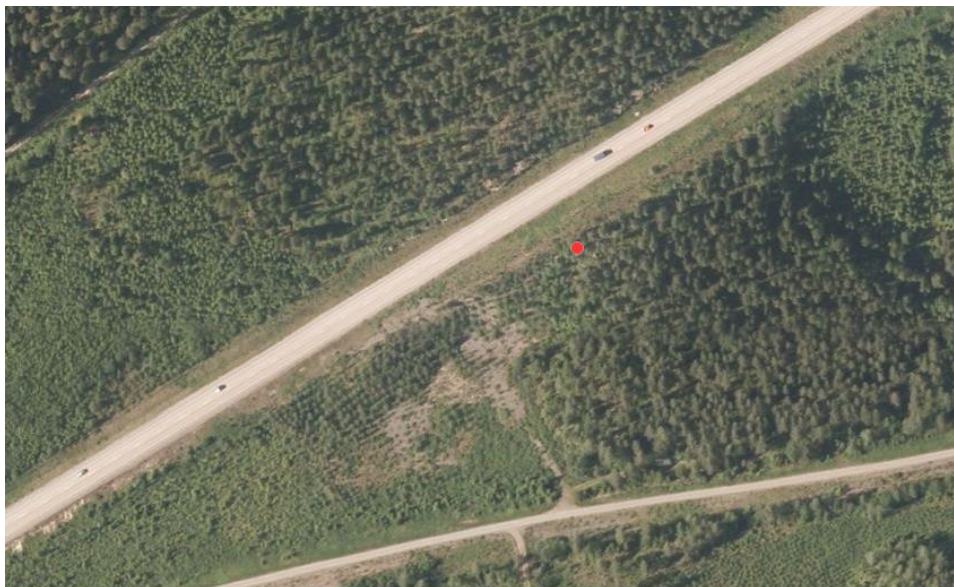
## 4.1.2 Havaintoala 2

Havaintoala sijaitsi liikenteen vieressä, valtatie yhdeksän lähellä kallion päällä. Tarkoituksena oli tutkia liikenteen vaikutuksia jäkälälajistoon. Jäkäläkartoitus tehtiin 19.01.2017.

Mitattujen mäntyjen rinnankorkeuslähimittan keskiarvo oli 28 cm ja metsätyyppi tuore kangas valoisalla paikalla.

Jäkälälaji	Yhteensä	Ruutuja /Havaintoala
Sormipaisukarve ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	94	100
Keltatyvikarve ( <i>Parmeliopsis ambigua</i> )	53	100
Keltaröyhelö ( <i>Vulpicida pinastri</i> )	57	100
<b>Jäkäläen monimuotoisuuden arvo</b>	<b>40,8</b>	

Kuva 7. Havaintoalan 2 jäkälälajit ja niiden monimuotoisuuden arvo.



Kuva 8. Ilmakuva havaintoalalta 2. Koordinaatit: N 6847941 – E 384733 (Paikkatietoikkuna).

#### 4.1.3 Havaintoala 3

Havaintoala sijaitsi junaradan vieressä metsän reunalla, johon oli hiljattain tehty harvennus. Tarkoituksena oli tutkia junaliikenteen vaikutusta jäkälälajistoon.

Jäkäläkartoitus tehtiin 19.01.2017.

Mitattujen mäntyjen rinnankorkeusläpimitan keskiarvo oli 29,5 cm ja metsätyyppi tuore kangas valoisalla paikalla.

Jäkälälaji	Yhteensä	Ruutuja /Havaintoala
Sormipaisukarve ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	100	100
Keltatyvikarve ( <i>Parmeliopsis ambigua</i> )	15	100
Keltaröyhelö ( <i>Vulpicida pinastri</i> )	37	100
Ruskoröyhelö ( <i>Tuckermannopsis chlorophylla</i> )	1	100
<b>Jäkäläen monimuotoisuuden arvo</b>	<b>30,6</b>	

Kuva 9. Havaintoalan 3 jäkälälajit ja niiden monimuotoisuuden arvo.



Kuva 10. Ilmakuva havaintoalalta 3. Koordinaatit: N 6846910 - E 384068,5 (Paikkatietoikkuna).

#### 4.1.4 Havaintoala 4

Havaintoala sijaitsi lenkkeilypolun läheisyydessä. Tarkoituksena oli tutkia, miten puhtaan ilman vaikutus näkyy jäkälälajistossa, sillä lähettyvillä ei ollut ilman epäpuhtauksia aiheuttavia tekijöitä. Lisäksi havaintoalalla tutkittiin varjoisan metsän vaikutusta jäkälälajistoon verrattuna valoisaan. Jäkäläkartoitus tehtiin 21.01.2017.

Mitattujen mäntyjen rinnankorkeusläpimitan keskiarvo oli 30,8 cm ja metsätyyppi tuore kangas varjoisalla paikalla.

Jäkälälaji	Yhteensä	Ruutuja /Havaintoala		
Sormipaisukarve ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	95	100		
Keltatyvikarve ( <i>Parmeliopsis ambigua</i> )	3	100		
Keltaröyhelö ( <i>Vulpicida pinastri</i> )	1	100		
<b>Jäkäläen monimuotoisuuden arvo</b>	<b>19,8</b>			

Kuva 11. Havaintoalan 4 jäkälälajit ja niiden monimuotoisuuden arvo.



Kuva 12. Ilmakuva havaintoalasta 4. Koordinaatit: N 6846299 – E 384555,8 (Paikkatietoikkuna).



#### 4.1.5 Havaintoala 5

Havaintoala sijaitsi lenkkeilypolun vieressä lähellä havaintoalaa 4. Tarkoituksena oli edellisen havaintoalan tavoin tutkia puhtaan ilman vaikutuksia jäkälälajistoon poikkeuksena eri metsätyyppi sekä valoisuus. Jäkäläkartoitus tehtiin 21.01.2017.

Mitattujen mäntyjen rinnankorkeusläpimitan keskiarvo oli 23,4 cm ja metsätyyppi kuivahko kangas valoisalla paikalla.

Jäkälälaji	Yhteensä	Ruutuja /Havaintoala
Sormipaisukarve ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	81	100
Keltatyvikarve ( <i>Parmeliopsis ambigua</i> )	41	100
Harmaaröyhelö ( <i>Platismatia glauca</i> )	11	100
Hankakarve ( <i>Pseudevernia furfuracea</i> )	7	100
Harmaatyvikarve ( <i>Parmeliopsis hyperopta</i> )	2	100
Keltaröyhelö ( <i>Vulpicida pinastri</i> )	1	100
Lupot/Naavat ( <i>Bryoria</i> spp./ <i>Usnea</i> spp.)	1	100
<b>Jäkäläen monimuotoisuuden arvo</b>	<b>28,8</b>	

Kuva 13. Havaintoalan 5 jäkälälajit ja niiden monimuotoisuuden arvo.



Kuva 14. Ilmakuva havaintoalasta 5. Koordinaatit: N 6846792 – E 384412 (Paikkatietoikkuna).

## 4.2 Rovaniemen havaintoalat

### 4.2.1 Havaintoala 6

Havaintoala sijaitsi teollisuusalueen sekä jäteaseman läheisyydessä olevalla metsäpalstalla. Tarkoituksen oli tarkastella mahdollisten ilman epäpuhtauksien vaikutusta ympäröivien mäntyjen jäkälälajistoon. Jäkäläkartoitus tehtiin 04.03.2017.

Mitattujen mäntyjen rinnankorkeuslöpimitan keskiarvo oli 25,8 cm ja metsätyyppi kuivahko kangas valoisalla paikalla.

Jäkälälaji	Yhteensä	Ruutuja /Havaintoala
Sormipaisukarve ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	26	100
Keltatyvikarve ( <i>Parmeliopsis ambigua</i> )	94	100
Keltaröyhelö ( <i>Vulpicida pinastri</i> )	3	100
<b>Jäkälän monimuotoisuuden arvo</b>	<b>24,6</b>	

Kuva 15. Havaintoalan 6 jäkälälajit ja niiden monimuotoisuuden arvo.



Kuva 16. Ilmakuva havaintoalasta 6. Koordinaatit: N 7375046 – E 439014 (Paikkatietoikkuna).

#### 4.2.2 Havaintoala 7

Havaintoala sijaitsi lentokentän ja asutuksen läheisyydessä. Tarkoituksena oli tarkastella lentoliikenteen ja samalla sen läheisyydessä olevan asutuksen vaikutusta lähistöllä kasvavaan jäkälälajistoon.

Jäkäläkartoitus tehtiin 04.03.2017.

Mitattujen mäntyjen rinnankorkeusläpimitan keskiarvo oli 25,6 cm ja metsätyyppi tuore kangas varjoisalla paikalla.

Jäkälälaji	Yhteensä	Ruutuja /Havaintoala
Sormipaisukarve ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	80	100
Keltatyvikarve ( <i>Parmeliopsis ambigua</i> )	82	100
Keltaröyhelö ( <i>Vulpicida pinastri</i> )	11	100
<b>Jäkälämonimuotoisuuden arvo</b>	<b>34,6</b>	

Kuva 17. Havaintoalan 7 jäkälälajit ja niiden monimuotoisuuden arvo.



Kuva 18. Ilmakuva havaintoalasta 7. Koordinaatit: N 7381653 – E 447984 (Paikkatietoikkuna).



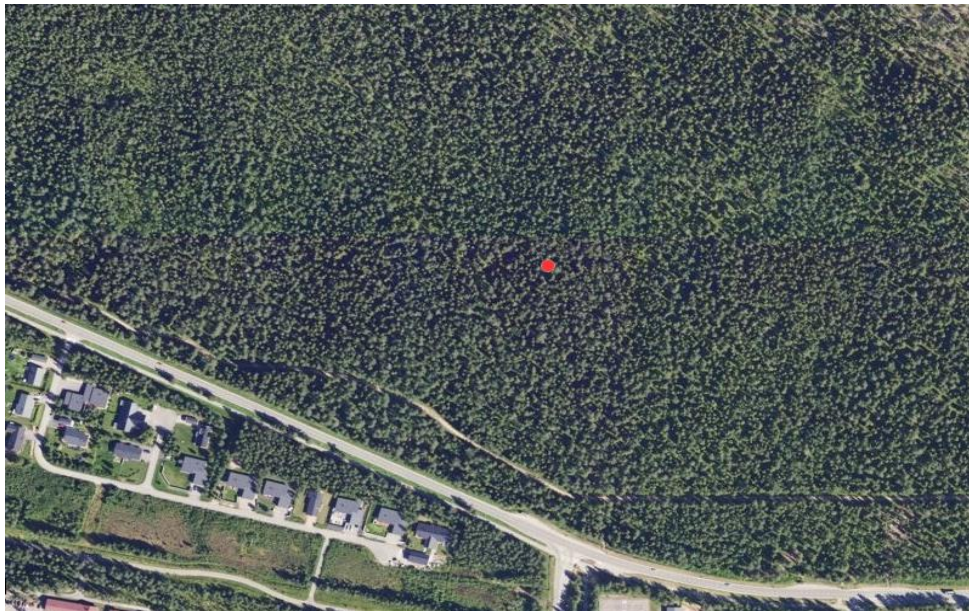
#### 4.2.3 Havaintoala 8

Havaintoala sijaitsi talvikävelyreitillä varrella. Tarkoituksena oli tarkastella puhtaan ilman vaikutuksia jäkälälajistoon varjoisassa kohden metsää. Jäkäläkartoitus tehtiin 06.03.2017.

Mitattujen mäntyjen rinnankorkeusläpimitan keskiarvo oli 25,2 cm ja metsätyyppi tuore kangas varjoisalla paikalla.

Jäkälälaji	Yhteensä	Ruutuja /Havaintoala
Sormipaisukarve ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	44	100
Keltatyvikarve ( <i>Parmeliopsis ambigua</i> )	99	100
<b>Jäkäläen monimuotoisuuden arvo</b>	28,6	

Kuva 19. Havaintoalan 8 jäkälälajit ja niiden monimuotoisuuden arvo.



Kuva 20. Ilmakuva havaintoalasta 8. Koordinaatit: N 7375185 – E 446491,5 (Paikkatietoikkuna).

#### 4.2.4 Havaintoala 9

Havaintoala sijaitsee talvilenkkeilypolun varrella lähellä havaintoalaa 8, mutta valoisammalla kohdalla ja eri metsätyyppillä suon reunalla. Tarkoituksena oli tarkastella edellisen havaintoalan tavoin puhtaan ilman vaikutuksia jäkälälajistoon, mutta ottaen huomioon valoisuuden ja metsätyyppien erot.

Jäkäläkartoitus tehtiin 06.03.2017.

Mitattujen mäntyjen rinnankorkeusläpimitan keskiarvo oli 23,8 cm ja metsätyyppi kuivahko kangas valoisalla paikalla.

Jäkälälaji	Yhteensä	Ruutuja /Havaintoala
Sormipaisukarve ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	38	100
Keltatyvikarve ( <i>Parmeliopsis ambigua</i> )	97	100
Lupot/Naavat ( <i>Bryoria</i> spp./ <i>Usnea</i> spp.)	20	100
<b>Jäkälämonimuotoisuuden arvo</b>	<b>31</b>	

Kuva 21. Havaintoalan 9 jäkälälajit ja niiden monimuotoisuuden arvo.



Kuva 22. Ilmakuva havaintoalalta 9. Koordinaatit: N 7375547 – E 445989 (Paikkatietoikkuna).



#### 4.2.5 Havaintoala 10

Havaintoala sijaitsi Sodankyläntien varrella. Tarkoituksena oli jälleen tarkastella liikenteen vaikutusta jäkälälajistoon. Jäkäläkartoitus tehtiin 11.03.2017.

Mitattujen mäntyjen rinnankorkeusläpimitan keskiarvo oli 22,3 cm ja metsätyyppi tuore kangas varjoisalla paikalla.

Jäkälälaji	Yhteensä	Ruutuja /Havaintoala
Sormipaisukarve ( <i>Hypogymnia physodes</i> )	77	100
Keltatyvikarve ( <i>Parmeliopsis ambigua</i> )	60	100
Keltaröyhelö ( <i>Vulpicida pinastri</i> )	67	100
<b>Jäkäläen monimuotoisuuden arvo</b>	<b>40,8</b>	

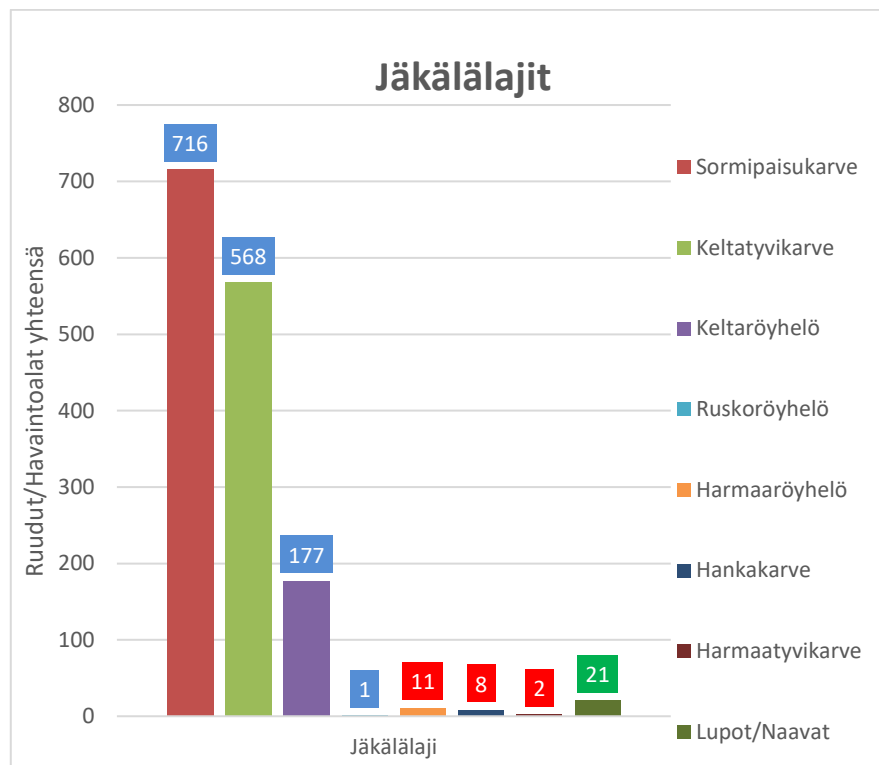
Kuva 23. Havaintoalan 10 jäkälälajit ja niiden monimuotoisuuden arvo.



Kuva 24. Ilmakuva havaintoalasta 10. Koordinaatit: N 7385977 – E 457704,5 (Paikkatietoikkuna).

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

Tuloksia tarkasteltaessa verrataan eri havaintoaloilta saatuja tuloksia keskenään. Tuloksista kävi ilmi, että samat epifyyttiset jäkälälajit peittivät puiden runkoja pääosin lähes poikkeuksetta joka havaintoalalla. Lajien vaurioasteessa oli vain hieman eroavaisuuksia ja puhtaamman ilman olemuksessa tutkituilta havaintoaloilta löydettiin lisäksi ilman epäpuhtauksille herkeimmiksi luokiteltuja jäkälälajeja. Tulosten tarkastelussa on myös otettu huomioon jäkälälajien määrään luontaisesti vaikuttavat tekijät.



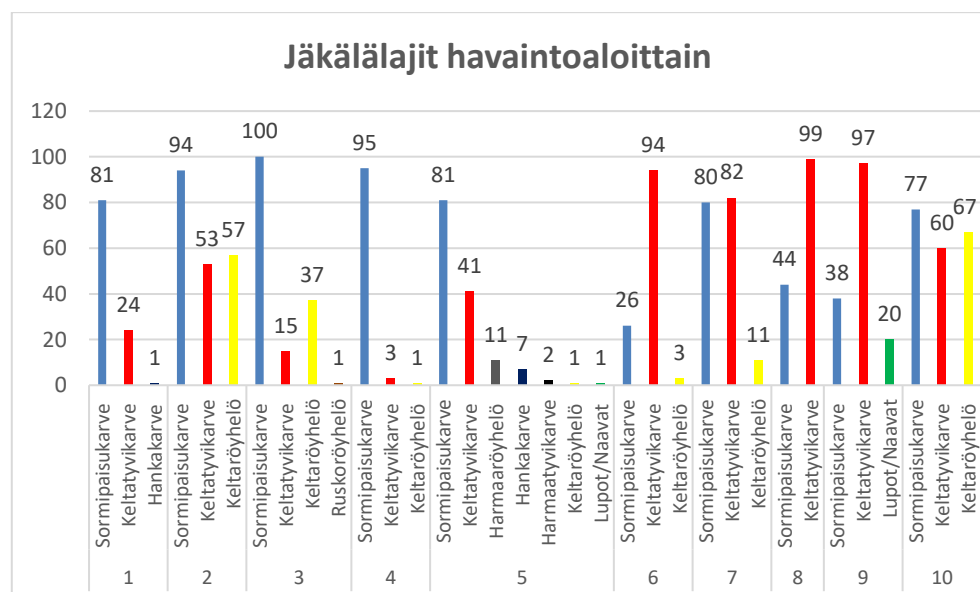
Kuva 25. Havaittujen jäkälälajien esiintymistä havaintoruuduilla esittävä kaavio. Sormipaisukarpeen sekä keltatyvikarpeen määrä havaintokalvon ruuduissa oli huomattavan suuri verrattuna ilman epäpuhtauksille herkempiin jäkälälajeihin. Melko kestävien lajien määrä merkitty sinisellä, melko herkkien lajien punaisella ja herkkien lajien vihreällä.

### 5.1 Jäkälälajien jakautuminen havaintoaloittain

Suomessa hyvin yleiset ja melko kestäviin jäkälälajeihin kuuluvat sormipaisukarve sekä keltatyvikarve osoittautuivat jäkäläkartoituksessa selkeästi yleisimmiksi lajeiksi paikkakunnasta tai ympäristöstä riippumatta. Niitä esiintyi jokaisella havaintoalalla lähes samanlaisin vaurioluokituksin. Keltatyvikarpeen määrä tosin osoittautui Rovaniemellä runsaammaksi kuin Länkipohjassa. Myös melko kestäväksi lajiksi luokiteltu keltaröyhelö oli usealla havaintoalalla tavattu jäkälälaji, jota esiintyi pieninä peittävyysinä mäntyjen rungoilla.

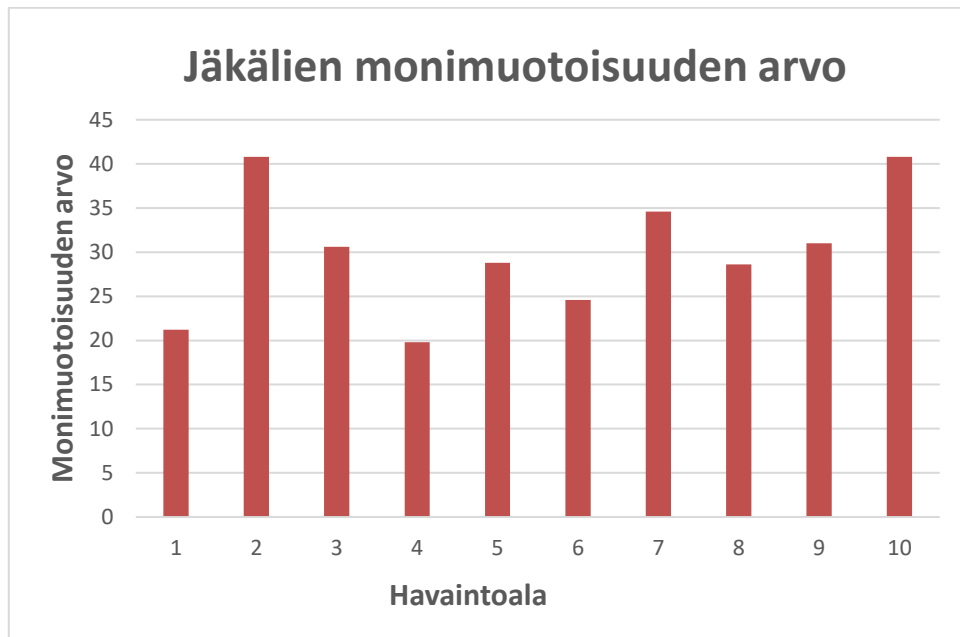
Melko herkiksi lajeiksi luokiteltavia harmaatvikarvetta, harmaaröyhelöä sekä hankakarvetta löytyi pääasiassa vain Länkipohjan lenkkeilypolun varrelta valoisalta kohdalta, joka oli kuivahkoa kangasta. Läheisyydessä sijaitseva havaintoala 4 oli varjoisaa tuoretta kangasta, jossa puolestaan esiintyi lähinnä vain hyväkuntoista sormipaisukarvetta. Havainnosta voidaan päätellä, että vaikka havaintoalat 4 ja 5 ovat ilmastoltaan samanlaiset, jäkälälajien määrään vaikuttavat luontaiset tekijät, kuten valoisuuden ja aluskasvillisuuden erot.

Herkäksi lajiksi luokiteltua naavaa löytyi niin Länkipohjan kuin Rovaniemen puhtaista metsistä lenkkeilypolun ja talvikävelyreitien varrelta valoislta havaintoaloilta 5 ja 9. Kuten melko herkkien lajien kohdalla, naavaa esiintyi vain puhtaiden metsien valoisilla havaintoaloilla. Talvikävelyreitien havaintoalla 8 esiintyi vain sormipaisukarvetta ja keltatyvikarvetta, vaikka lähistöllä kasvoi naavaa. Kyseessä oli kuitenkin taas eri metsätyyppi ja valoisuus kuin läheisellä havaintoalalla. Tuloksista voi tehdä saman johtopäätöksen kuin melko herkällä jäkälälajeilla; luontaiset tekijät kuten valoisuus ja aluskasvillisuus vaikuttavat jäkälälajistoon.



Kuva 26. Jäkälälajit havaintoaloittain. Suurin lajirikkaus löytyi havaintoalalta 5 todennäköisimmin puhtaasta ilman, valoisuuden ja aluskasvillisuuden vuoksi.

## 5.2 Jäkälien monimuotoisuuden tulokset



Kuva 27. Jäkälien monimuotoisuuden arvoa havaintoaloittain esittävä kaavio.

Jäkälien monimuotoisuuden arvot eivät näy tässä tutkimuksessa lajien runsaudessa tarpeeksi tarkasti. Havaintoalojen 2 ja 10 arvot ovat suurimmat, vaikka havaittuja jäkälälajeja oli havaintoaloilla vain kolme lajia. Tulosten suuruus johtuu siitä, että jokaista havaintoaloilla havaittua lajia esiintyi runsaasti. Monipuolinen jäkälälajisto ei täten näy monimuotoisuuden arvossa, jos lajeja ei ole havaittavissa kuin vain vähäisinä esiintymisinä. Voidaan päätellä, että monimuotoisuuden arvo näkyy parhaiten vain runsaana sekä laajasti peittävänä jäkälälajistona.

## 5.3 Jäkälien vauriot

Opinnäytetyössä ei olla keskitytty tutkimaan tarkemmin kuin silmämääräisesti jäkälien vaurioita. Standardin SFS 5670 mukaan tehdyissä tutkimuksissa sormipaisukarpeen vaurioita on tutkittu omana tutkimusongelmanaan sen peittävyuden lisäksi. Havaintoaloilla esiintynyt sormipaisukarve kasvoi yleisesti terveinä ruusukkeina ilman näkyviä vaurioita. Havaintoalalla 6 esiintynyt sormipaisukarve oli kuitenkin harvempaa ja pienikokoisempaa mahdollistaen keltatyvikarpeen laajemman peittävyuden havaintoalalla. Sormipaisukarve kestää hyvin ilman epäpuhtauksia, mutta havaintoalan läheisyydessä vaikuttavat teollisuus ja jäteasema ovat voineet olla syynä sormipaisukarpeen esiintyvyyden ja kunnan heikkoudelle. Vaurioarvio ei kuitenkaan kerro yksiselitteisesti jäkälien kunnosta, sillä saman puun rungolla voi kasvaa kunnoltaan toisistaan paljonkin poikkeavia yksilöitä (Oulun kaupunki 1996).

#### 5.4 Ilmansuuntien vaikutukset

Jäkäläkartoituksessa jokaisesta tarkasteluun otetusta puusta kirjattiin tulokset jokaisen neljän pääilmansuunnan kohdalta, sillä jäkälien kasvuun vaikuttavat myös ilmansuunnat joilla jäkälät kasvavat. Ilmansuunnilla ei ollut tutkimuksen kannalta sellaista merkitystä, että niistä voisi päätellä eri lajien kasvavan tietyillä ilmansuunnilla paremmin kuin toisilla. Lajeja esiintyi hyvin vaihtelevasti havaintoruudukoilla, eikä mikään tietty ilmansuunta osoittautunut millekään lajille suotuisaksi riippumatta ympäristöoloista. Tutkimuksen kannalta oli kuitenkin tärkeää, että tulokset otettiin pääilmansuuntien kohdilta standardin ohjeistuksen mukaisesti, jotta jäkälien kasvuun mahdollisesti vaikuttavat ilmansuuntien vaikutukset tuli otettua huomioon.

## 6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Jäkäläkartoituksessa kerätty aineisto oli tarpeeksi kattava vahvistamaan oletuksen, että ilman epäpuhtaudet vaikuttavat jäkälälajistoon ja näkyvät niiden määrässä. Jäkälälajistoon luontaisesti vaikuttavat tekijät, kuten metsätyyppi ja valoisuus olivat kuitenkin oletettua suuremmassa merkityksessä tulosten tulkinnassa. Puhdas ilma ei ollut suoraan verrannollinen runsaaseen jäkälälajistoon, vaan ilmastolliset ja paikalliset tekijät vaikuttivat myös niihin. Tämän vuoksi ei voida tarkalleen ottaen määrittää, missä tapauksissa ilman epäpuhtaudet ja jäkälälajistoon luontaisesti vaikuttavat tekijät vaikuttavat epifyyttisten jäkälälajien määrään havaintoaloilla. Jäkäläkartoituksessa luontaisten tekijöiden vaikutuksia jäkäliin voidaan vähentää valitsemalla tutkittavat alueet siten, että luontaiset tekijät pääsisivät korostumaan jäkälissä mahdollisimman vähän. Esimerkiksi kiinnittämällä huomiota metsätyyppiin, valoisuuteen ja metsikön ikään voidaan karsia luontaisten tekijöiden vaikutuksia ja keskittyä tutkimuksessa enemmän ilmansaasteiden vaikutuksiin. Tutkimuksessa korostuu siis kartoituksen tekijän kyky valita tutkimukseen oikeanlaiset metsiköt. Tähän tutkimukseen valittiin niin ilmanlaadultaan kuin metsän luontaisten ominaisuuksien suhteen erilaisia metsiköitä ja se oli nähtävissä tuloksissa.

Paikkakuntien väliset erot eivät näkyneet tuloksissa muuten kuin keltatyvikarpeen suurempana määränä Rovaniemellä. Laji on kuitenkin erittäin yleinen koko maassa, joten syy ei todennäköisesti johtunut pohjoisemmasta sijainnista. Muutoin jäkälälajisto noudatti samanlaista esiintymistä eri ympäristöjen suhteen molemmilla paikkakunnilla.

Jäkälien monimuotoisuuden arvolla ei ollut tämän tutkimuksen kannalta kovinkaan suurta merkitystä johtuen tutkimuksen tarkoituksesta tutkia pääasiassa jäkälälajien lukumäärää, mikä ei näkynyt monimuotoisuuden arvossa. Toisaalta tuloksien laskennassa käytettävä laskukaava olisi mah-

dollistanut laajan peittävyden ja runsaan jäkälälajiston havaintoalat suurempiin tuloksiin, joten monimuotoisuuden arvon laskenta vastasi tutkimuksen tarkoitusta.

## LÄHTEET

Ahti, T., Haikonen, V., Halonen, P., Högnabba, F., Jääskeläinen, K., Loh-tander, K., Lommi, S., Mylly, L., Pykälä, J., Rämä, H., Stenroos, S., Velma-la, S. & Vitikainen, O. (2011). *Suomen jäkäläopas*. Helsinki: Luonnontie-teellisen keskusmuseon kasvimuseo.

Heinonen, P. & Salonen, V. (n.d.). Sormipaisukarve (Hypogymnia physo-des). Haettu 10.03.2017 osoitteesta <http://kasvio.avoin.jyu.fi/laji.php?id=345&kuva=2167>

Oulun kaupunki Ympäristövirasto, Pohjois-Suomen Vesitutkimustoimisto Oy (1996). Oulun ilmanlaatu jäkäläkartoitus 1996. Haettu 27.03.2017 osoitteesta <https://www.ouka.fi/documents/64417/c5ab637c-9b73-4603-b287-44d48c5a9922>

Paikkatietoikkuna (n.d.). Karttaikkuna. Haettu 15.03.2017 osoitteesta <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi>

Rundgren, E. (2013). Jäkäläbioindikaattoritutkimus. Kuopion kaupungin ilmanlaatua mittaava jäkäläbioindikaattoritutkimus vuonna 2013. Haettu 12.03.2017 osoitteesta <http://www.sll.fi/pohjois-savo/klyy/apurahat/jakalabioindikaattoritutkimus-kuopiosta>

Savonlinnan kaupunki, Ympäristönsuojelupalvelut (2012). Männyn runko-jäkälä- ja neulasvuosikertakartoitus Savonlinnassa vuosina 2011 – 2012. Haettu 10.03.2017 osoitteesta [http://www.savonlinna.fi/filebank/4290-Mannyn\\_runkojakala- ja\\_neulasvuosikertakartoitus\\_2011-2012.pdf](http://www.savonlinna.fi/filebank/4290-Mannyn_runkojakala- ja_neulasvuosikertakartoitus_2011-2012.pdf)

SFS-EN 16413 (2014). Ambient air. Biomonitoring with lichens. Assessing epiphytic lichen diversity. SFS Online. Haettu 10.03.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi/fi/index/hakutulos.html.stx>

Tieteen termipankki (2015). Epifyytti. Haettu 04.05.2017 osoitteesta <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:epifyytti>

Järvisalo, K., Keskitalo, T., Laita, M., Ruuth, J. & Toivanen, H. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (2014). Uudenmaan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2014. Haettu 04.05.2017 osoitteesta <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/117922/Uudenmaan%20ilmanlaadun%20bioindikaattoriseuranta%20vuonna%202014.pdf?sequence=2>

